

Bioremediering ved bruk av blåskjell

Dag Oscar Oppen-Berntsen

Bioremediering kan defineres som all bruk av levende organismer eller bioteknologisk kunnskap (i ordets videste forstand) til å reetablere miljøkvaliteter eller økologisk balanse, som innenfor et avgrenset område er gått tapt eller på annen måte forringet, vanligvis på grunn av menneskelig aktivitet.

Bioremediering utføres vanligvis med utgangspunkt i biologisk kunnskap, som setter oss i stand til - ved hjelp av relativt enkle håndgrep - å legge vekstforholdene til rette for organismer som ut fra sine biologiske egenskaper kan håndtere (les fjerne eller nyttiggjøre seg) stoffer eller utslipp som kan representere et miljøproblem.

Bioremediering benytter seg med andre ord av biologiens egne prinsipper for å opprettholde eller gjenopprette ønskede miljøkvaliteter. Det ligger i kortene at bioremediering forutsetter grundige biologiske og økologiske kunnskaper om de organismene man søker å utnytte til et bioremedieringsformål.

Som spesielle eksempler på bioremediering kan nevnes bruk av blåskjell som filterorganisme for å høste marin primærproduksjon eller organisk materiale i avrenningsvann fra land. Dette er spesielt relevant for marine resipienter der tilførte næringssalter er med på å stimulere primærproduksjonen utover det normale, eller der tilførselen av organisk materiale forårsaker nedslamming av marine biotoper. Det tiltalende ved konseptet er at blåskjell er en filterspiser som fjerner både levende alger og dødt organisk materiale og bakterier fra vannmassene. Den levende algebiomassen som blir filtrert ut av vannmassene og spist av blåskjellene, representerer i dette tilfellet ikke ensidig fjerning av et næringssalt (fosfat), men en balansert fjerning av næringssalter (ammonium, fosfat, nitrat og silikat).

Generelt

I 1987 undertegnet Nordsjølandene en gjensidig deklarasjon som ut fra miljøhensyn skulle regulere næringssaltavrenningen til Nordsjøen. Det ble satt som mål å redusere avrenningen av næringssalter fra menneskelige aktiviteter med 50 %. I Norge har det i lengre tid pågått en diskusjon av faglig karakter som har belyst hydrografiske forhold relevante for Norges bidrag til avrenningen til Nordsjøen. Mye av rensinnsatsen er lagt inn på behandling av urban kloakk og avrenning fra menneskelig bebyggelse. I mellomtiden er de europeiske forskningsmiljøene kommet til det resultat at Nordsjødeklarasjonens målsetting ikke kan nås utelukkende ved rensing av urban kloakk, siden langt mer enn 50 % av avrenningen har sitt opphav fra andre, diffuse kilder. Situasjonen er tilsvarende for Norge og spesielt uttalt for estuarine fjordsystemer, der mer enn 95 % av organisk materiale og næringssalter til tider kan tilføres den marine resipienten som diffus avrenning.

Menneskelige aktiviteter og marint miljø

Som en konsekvens av at mennesket i tiltagende grad de siste to tusen år har valgt å leve i organiserte samfunn med ansvars- og arbeidsfordeling, har vår art lagt grunnen for en befolkningsvekst som kanskje går langt utover tålegrensene for denne kloden. Kunnskap og teknologiske nyvinninger har frem til nå i liten grad tatt innover seg de

biologiske rammebetingelser som er gitt fra naturens side. Intensiv matproduksjon samt høsting av naturlige ressurser på landjorden er allerede i stor utstrekning begrenset av tilgjengelige arealer og tilveksten av naturlige populasjoner. Med utgangspunkt i at akvakultur er i sin spede begynnelse og at menneskeheten til nå har hentet en relativt beskjeden andel av sitt proteinbehov fra havet (ca. 5 %), kan det se ut som at havet vil spille en rolle som verdens matfat i en langt større utstrekning enn det til nå har gjort. Nøkkelfaktorer i denne sammenheng er tilgang på areal, lys og vann.

I tillegg er havet levested for et vidt spekter dyreformer som kan komme til å ha betydning for en lang rekke anvendelser vi i dag ikke øyner rekkevidden av (Medisin, bioteknologiske prinsipper, farmasi etc.)

Problemet i denne sammenheng er at havet er havnet i den situasjon at det er blitt mottager av en rekke avfallsprodukter som vi ikke ser noen anvendelser for i dag, eller som vi ikke øyner noen annen egnet plass å gjøre av enn i havet. Listen over stoffer som vi tilsiktet eller utilsiktet tilfører havet er lang, og utgjør en cocktail av ulike komponenter. Her skal kort bare nevnes at listen inneholder komponenter fra alle menneskelige kjerneaktiviteter som industri, husdyrhold, jordbruk, urban kloakk, fiskeri og akvakultur.

I tillegg bør det presiseres at listen over avfallsprodukter som jevnlig dumpes i havet grovt kan deles i to. Den første gruppen omfatter miljøgifter og fremmedstoffer som syntetiske, menneskeskapt eller kunstig anrikede avfallstoffer som tungmetaller og radioaktivt avfall etc. Den andre gruppen utgjør stoffer av biologisk opprinnelse som fiskeslo, prosessvann fra matforedlingsbedrifter og annet organisk materiale, næringssalter og sporelementer samt biologisk aktive metaller i moderate konsentrasjoner.

For all fremtidig forvaltning og håndtering av disse stoffene er det viktig å innse at strategien for de to gruppene må være forskjellig. Den første gruppen har overhodet ingenting i biologiske systemer å gjøre og må håndteres deretter. Dette kan gjøres enten ved å øke gjenvinningsgraden av stoffene eller ved varige deponeringsløsninger. Den andre gruppen volder først og fremst problemer der de opptrer i uforholdsmessige store konsentrasjoner. Stoffene er altså ikke giftige i seg selv men opptrer i gale mengder, steder og/eller tidspunkter. Håndtert på den rette måten kan disse stoffene utmerket ses på som en ressurs innenfor de økonomiske rammebetingelser vi kjenner i dag.

Gjødsling, produksjon, høsting og resirkulering.

Forutsatt at avrenningen fra land til kystnære farvann begrenses til næringssalter og organisk materiale, representerer dette et gjødslingstilskudd til det marine nærrområde. Med økt gjødslingsintensitet legges forholdene til rette for økt produksjon, og økt høsting - med andre ord *resirkulering av landderiverte næringssalter*. Hvis man antar at havet kommer til å spille en større rolle som fremtidens matfat, er det viktig å utvikle marin miljøteknologi som tilfredsstillende de faglige realiteter i allerede inngåtte og fremtidige internasjonale miljøavtaler - dvs. fremtidsrettet teknologi mht. resirkulering (Recycling), gjenbruk (Reuse) og fornybarhet (Renewable) («*De tre R'er*»).

Primærproduksjon på landjorden blir vanligvis høstet ved at budskap sendes ut på beite, eller ved at høstingen foretas maskinelt for deretter å bli gitt som vinterfôr til buskap på bås. Tilsvarende skjer høstingen av den marine primærproduksjon i Norskehavet ved at dyreplankton og krill beiter ned mikroalgene. Disse krepsdyrene

blir igjen spist av sild og makrell som i denne sammenheng fungerer som et gigantisk omflakkende biofilter. Den marine primærproduksjonen blir altså tradisjonelt tilgjengelig for mennesket når den er spist (les konsentrert) av dyreplankton, krill, sild og makrell.

For å høste den marine primærproduksjon, som i de frie vannmasser foreligger som mikroalger spredt ut over et stort volum, trenger vi et filter. Som regel vil «marin buskap» som sild og makrell ha en stor aksjonsradius og vandrer av egen vilje til de beiteområder de til en hver tid finner som mest attraktive. Disse artene vil derfor i kystnære systemer med stabile tilførsler av næringssalter og relativt stabil produksjon, kun representere et variabelt beitepress. Dessuten beiter disse fiskeartene bare på krepsdyr som igjen har spist alger, noe som både kompliserer systemet og reduserer utbyttet.

Blåskjell er imidlertid en filtrerende organisme som beiter direkte på algeproduksjonen og partikulært dødt organisk materiale. I tillegg er denne organismen stasjonær, slik at høsting av blåskjellbiomassen blir redusert til et teknisk problem. Dyrking av blåskjell for å høste marin algeproduksjon er å sammenligne med å holde ei ku i en klave mens «beitemarkene ruller forbi». En sammenligning av produksjonspotensialene mellom ulike biotoper demonstrerer dette forholdet klart. Tropisk regnskog og korallrev, som går for å være de mest produktive biotoper på kloden, kan fremvise en biomasseproduksjon per kvadratmeter og år på ca. 3-3.5 kg. Til sammenligning kan vi i norske farvann dyrke 200 -300 kg blåskjell pr. kvadratmeter og år! Grunnen til dette er at blåskjellene beiter ned primærproduksjonen innenfor et større område enn de selv benytter som levested - «beitemarkene» kommer rullende forbi med havstrømmene.

Tabell 1 Analyse av skjellmateriale basert på 60 kg råskjell.

Analyses of blue mussels based on 60 kilos of raw material from shells.

Tabellen er ikke tilgjengelig.

Larviksfjord-prosjektet

Dette prosjektet har hatt som overordnet målsetting å sannsynliggjøre hvorvidt man ved hjelp av biologiske prinsipper kan finne frem til en alternativ metode for å redusere de negative miljøeffekter av marin eutrofiering (overgjødning). Et av målene har derfor vært å etablere et næringssaltbudsjett for Larviksfjorden som tilfredsstillere renskravene i Nordsjøavtalen. Strategien for arbeidet har vært basert på verdiskapende bioproduksjon og resirkulering av næringssalter.

Prosjektet har demonstrert at det innenfor et areal på ca. 35 - 40 mål er mulig å dyrke en blåskjellbiomasse på minst 17.500 tonn (ca. 500 kg/m²), hvorav ca 58 % vil ha markedsstørrelse (større enn 4,5 cm) etter ett år. Dette innebærer at ca 10. 000 tonn vil være salgbare skjell. Denne produksjonen kan gi en førstehandsverdi på et sted mellom 25 - 100 mill NOK/år, avhengig av hvilken pris man får (2,5 - 10,0 kr/kg). Dette innebærer at man innenfor en (1) kvadratmeter kan dyrke en blåskjellmengde som representerer biologisk fikserte næringssalter i en størrelsesorden på 3,3 kg nitrogen/m² år og 300 gr fosfor/m² år. Hvis vi grovt regner at 1 personekvivalent (PE) nitrogen og fosfor er henholdsvis 4,0 og 0,9 kg/år vil blåskjellbiomassen produsert innenfor et areal på 50 mål representere et næringssaltuttak på 41 250 PE_{Nitrogen} og 16 666 PE_{Fosfor} når skjellmassen er høstet.

Tabell 2 Vekt av blåskjellkulturer på tre ulike lokaliteter i Larviksfjorden.

Weight of cultures of blue mussels at three different locations in the Larviksfjord.

Nummer og navn på lokalitet Vekt

Lokalitet nr.1 - Falkeskjæret 230 kg
Lokalitet nr.1 - Falkeskjæret 260 kg
Lokalitet nr.1 - Falkeskjæret 260 kg
Lokalitet nr.5 - Jordebukta 270 kg
Lokalitet nr.5 - Jordebukta 260 kg
Lokalitet nr.5 - Jordebukta 280 kg
Lokalitet nr.10 - Trefoten 270 kg
Lokalitet nr.10 - Trefoten 260 kg
Lokalitet nr.10 - Trefoten 220 kg
Gjennomsnitt lok. 1,5 og 10 262 kg



Litteraturverdier oppgir at 1 kg blåskjell (ca. 30 individer) har en gjennomsnittlig filtreringsrate på 90 liter/time. NIVA har anslått Larviksfjordens volum til ca. 800 mill.m³. En skjellmengde som antydnet over vil være istand til å filtrere et volum tilsvarende Larviksfjordens totalvolum på ca 30 dager. I naturen finner vi slike skjellfiltreringssystemer på terskelen i Øresund. Denne skjellbanken er antatt å ha en samlet biomasse på vel 1 million tonn, og filtrerer ut i størrelsesorden 75-80 % av alt partikulært materiale som passerer i vannmassen gjennom dette sundet. Dette har opplagt stor betydning for vannkvaliteten i kyststrømmen.

Gjennom prosjektperioden har det til stadighet vært reist spørsmål om skjellenes kvalitet. Målinger har vist at bakterietallet svinger i takt med nedbørsmengden og avrenningen fra jordsmonnet. I tillegg kan det se ut som at fjorden er belastet med en svak bakgrunn på grunn av Lågen. Hva tungmetaller og andre miljøgifter angår er skjellene fullt ut omsettbare.

En grov gjennomgang av det dyrkede materialet ga resultatene som spesifisert i tabell 1. Som et forsiktig estimat på en gjennomsnittlig storskalaproduksjon tar tabell 2 utgangspunkt i at det er mulig å produsere minst 500 kg råskjell- masse pr. m². Dette innebærer at det utplasseres ca. 2 ranker pr. m², noe som av plasshensyn og fôrtilgang ikke synes for tett.

En skissert produksjonsintensitet på omlag 500 kg/m² innebærer at man på 50 mål (et areal tilsvarende ca. syv fotballbaner) kan dyrke en skjellbiomasse på ca 17 500 tonn hvorav 10.000 tonn er markedskjell (større en 4,5 cm).



Kilde: Karlsen, Ø. et al, FiskerHav, Særnr. 3 - 2000. Havforskningsinstituttet - www.imr.no